

カusp型直接エネルギー変換器における高周波電界による粒子軌道の変化 Variation of Particle Orbit due to Radio Frequency Field in a Cusp-type Direct Energy Converter

竹野裕正¹, 濱邊真輝¹, 井澤裕皓¹, 中本聡¹, 市村和也², 中嶋洋輔²

Hiromasa TAKENO¹, Masaki HAMABE¹, Hiroaki IZAWA¹, Satoshi NAKAMOTO¹,
Kazuya ICHIMURA², Yousuke NAKASHIMA²

神戸大工¹, 筑波大プラズマ²
Kobe Univ.¹, Univ. of Tsukuba²

カusp型直接エネルギー変換器 (CuspDEC) は, 先進燃料核融合発電において粒子分離を行う装置として提案され [1], 著者等は研究を進めてきた. CuspDEC には高密度プラズマに対して分離効率が悪化する問題があり, 著者等は, 高周波電界の非線形効果による補助手段を検討している. 本講演では前報告 [2] に続いて, 改良した電界印加電極を用いた実験に対する粒子軌道計算の結果を示す.

改良電極は二つの金属リングからなり, カusp磁場領域に同軸状に配置する. 二つのリング断面がラインカuspの磁力線方向に並ぶよう, リング径と軸方向位置が調整されている. 7 MHz の高周波電圧 V_{rf} を二つの電極間で同相 (in-phase) または逆相 (out-of-phase) で印加する [2]. 図 1 に, V_{rf} に対するラインカusp電極での電子電流の変化分を示す. 同相では V_{rf} が増大すると電子電流は増加するが, 逆相では, 低い電圧を除き, 減少する. その他実験の詳細は他の報告 [3] に譲る.

従来の粒子軌道計算コードを拡張し, 高周波電界の印加機能を加えた. 図 1 の実験条件に対する計算例を図 2 に示す. 図は $r-z$ 断面を表し, 長方形・丸はそれぞれ磁場コイル・リング電極の断面で, 右下にカusp領域がある. $V_{rf} = 50 V_{op}$ として, 電子の初期条件は, 軸方向の初速度で, エネルギーは 3 eV, 軸方向初期位置 $z = -0.2$ m で, 4 種類の径方向初期位置についての軌道を示している.

図 2(a) の同相では, 高周波電界のない場合の軌道とほぼ同じである. 図 2(b) の逆相では, 一部の粒子はリング電極付近で折り返し, 入射位置へ戻っている. この様な軌道の変化に加えて, 走行時間にも変化がある. 図 3 は, 入射位置からラインカusp電極位置 ($r \sim 0.15$ m) への到達時間をまとめたもので, 横軸は径方向初期位置である. 入射時刻での高周波電圧の位相 ϕ_0 を 4 種類変化し, 入射位置に戻る場合は図にはデータ点はない. 電界がない場合に比べて, 同相では常に到達時間が短い, 逆相では長い場合もある. また, 同相でも折り返す場合があるが, 逆相の方が場合が多い. これら同相と逆相の差は, 定性的に実験結果に対応している. 講演では, より詳細に報告する.

本研究の一部は, JSPS の科学研究費補助金 (25420255) の援助, および NIFS, 筑波大学, 神戸大学間の双方向型共同研究 (NIFS13KUGM082) の援助を得ている.

- [1] H. Momota, et al., Proc. 7th ICENES 16 (1993).
[2] H. Takeno, et al., PLASMA2014, 18PB-031 (2014).
[3] M. Hamabe, et al., ITC25, P1-38 (2015).

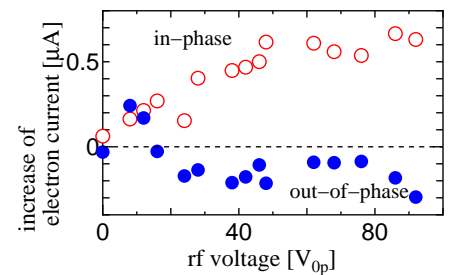


図 1 電子電流増分 (実験)

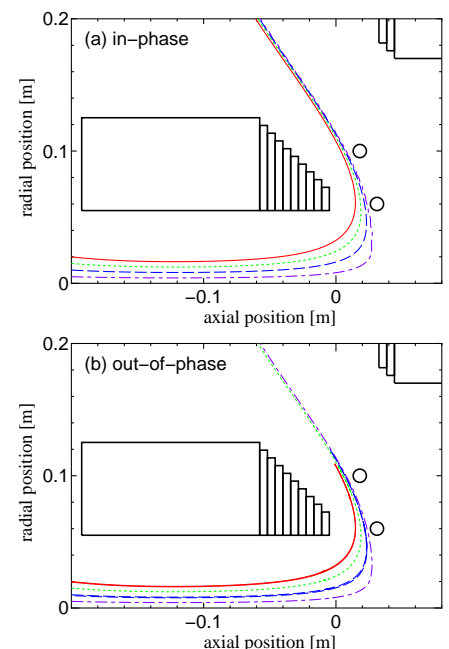


図 2 軌道計算例 (初期位相 0 deg.)

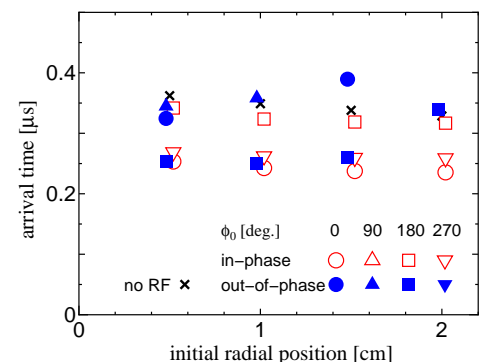


図 3 ラインカusp電極到達時間